

17. Бастриков С.Н. Строительство скважин с кустовых площадок на нефтяных месторождениях Западной Сибири: Монография. - Тюмень: «Вектор Бук», 2000. - 252 с.
18. Миракян В.И. Новые разработки в области контроля и управления наклонно-направленным бурением / В.И. Миракян, В.Р. Иоанесян, В.Н. Шукин, Е.Я. Лапига // Бурение. - 2002. - № 1. С. 8 - 12.
19. Прохоренко В.В. Отклоняющие и стабилизирующие турбинные КНБК для бурения направленных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2007. - № 1. - С. 21 - 23.
20. Сафиуллин М.Н. Опыт бурения наклонно-направленных скважин с малоинтенсивным набором кривизны / М.Н. Сафиуллин, А.П. Захарченко, В.В. Кульчицкий // Нефтегазовая геология, геофизика и бурение. - 1984. - № 10. - С. 24 - 27.
21. Оганов С.А. Проектирование параметров профиля горизонтальной скважины в пределах продуктивного пласта / С.А. Оганов, А.В. Перов, Г.С. Оганов, В.В. Прохоренко, Н.Ф. Пронин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 11/12. - С. 12 - 16.
22. Оганов А.С. Искривляющие оптимальные КНБК для горизонтального бурения / А.С. Оганов, А.С. Поваляхин, К.М. Солодкий // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1997. - №1. - С. 13 - 16.

## АНАЛИЗ ОПЫТА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНЫ ЭЛАСТОМЕРОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Мельников

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** Научная работа посвящена изучению опыта исследований влияния температуры на характеристики резины эластомеров винтовых забойных двигателей. Определено, что температура оказывает серьезное негативное влияние на эластомер, что в совокупности с механическим действием ротора в присутствии промывочной жидкости приводит к ускорению преждевременного выхода из строя двигателя. Информационный анализ позволил выявить рекомендуемые альтернативные материалы для использования в качестве эластомеров.

**Abstract.** The scientific work is devoted to studying the experience of studies of the effect of temperature on the characteristics of rubber elastomers screw downhole motors. It was determined that the temperature has a serious negative impact on elastomer, which in combination with the mechanical action of the rotor in the presence of a mud leads to acceleration of premature failure of the motor. Information analysis revealed a recommended alternative materials for use as elastomers.

Винтовые забойные двигатели (ВЗД) относятся к машинам объёмного (гидростатического) действия. Отличие ВЗД от других типов гидравлических забойных двигателей заключается в использовании в качестве рабочих органов многозаходного винтового героторного механизма, который представляет собой цилиндрическую планетарную зубчатую передачу внутреннего зацепления, включающую статор и ротор. Стальной статор внутри имеет привулканизированную резиновую обкладку с винтовыми зубьями левого направления. На стальном роторе, с хромированным покрытием, нарезаны зубья также левого направления. Число зубьев ротора на единицу меньше числа зубьев статора. Специальный профиль зубьев ротора и статора обеспечивает их непрерывный контакт между собой, образуя на длине шага статора единичные рабочие камеры [1].

Одной из сложных технических задач является обеспечение надежной работы винтового забойного двигателя при высоких температурах, существующих в скважинах. Забойные температуры могут достигать огромных величин, так например, в

самой нижней точке скважины Солтон-Си в США на глубине 3220 м была зафиксирована температура 355°C, а в другой скважине, пробуренной до 1440 м в одной из молодых вулканических структур на западе США, измеренная температура достигала 465°C, в России же не были зафиксированы настолько высокие забойные температуры, однако при бурении Тюменской скважины в Западной Сибири, в период с 1897 по 1996 года на глубина 7 502 метра была зафиксирована забойная температура 230°C. Современные технические средства не позволяют бурить сверхглубокие скважины при столь высоких температурах в течение длительного времени, поскольку термостойкость существующего бурового оборудования не превышает 200–300°C [2].

Под эластомерами винтовых забойных двигателей понимают полимеры, обладающие в диапазоне эксплуатации высокоэластичными свойствами, например, резина или другой эластичный материал, который может растягиваться до размеров, во много раз превышающих его начальную длину, и, что существенно, возвращаться к исходному размеру, когда нагрузка снята. Эластомерами винтовых забойных двигателей является резина ИРП-1226. Не все аморфные полимеры являются эластомерами. Некоторые из них являются термопластами. Это зависит от его температуры стеклования: эластомеры обладают низкими температурами стеклования, а термопластики — высокими. (Это правило работает только для аморфных полимеров, а не для кристаллизующихся).

В современном бурении нефтяных и газовых скважин проблема долговечности и качества рабочих органов буровой установки является важнейшей. По данным буровых компаний за год происходит от 5 до 12 аварий с ВЗД, которые приводят к длительным восстановительным работам на скважине, либо полной ее ликвидации. Из практики применения ВЗД установлено, что около 50% всех отказов связано с износом рабочих органов, представляющих собой пару трения резина-металл (стальной ротор - резинометаллический статор).

Резина ИРП-1226, применяемая в конструкции ротор-статор, в качестве эластомера имеет свои технические характеристики: резиновая смесь повышенной износостойкости, маслостойкая; температурный интервал работоспособности от -20°C до 100°C; условная прочность, не менее 9,8 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>); относительное удлинение при разрыве, не менее 125%; твердость ед. Шор А 65-95; гарантийный срок хранения 3 месяца [3].

Экспериментально доказано, что резина ИРП-1226, используемая для формирования обкладки статора винтового-забойного двигателя, при повышенных температурах изменяет свои физико-механические и упруго эластичные свойства, а при нагреве свыше 180°C, резина термически разрушается.

Таким образом, в [1] было решено провести эксперимент, направленный на определение эффективности отвода тепла от резиновой обкладки (эластомера) статора, а именно сравнение теплового режима в зависимости от толщины резиновой обкладки. Рассматривались две конструкции статоров: стандартная - с более широкой резиновой обкладкой; новая - соответственно, с менее тонкой резиной. Для модели статора были применены условия, при которых происходит самое эффективное охлаждение резины - температура промывочной жидкости внутри и снаружи статора принята 20°C. Рассматривалось взаимодействие зуба статора и зуба ротора, при вращении ротора, в результате чего происходит деформация эластомера.

Предполагается, что при полном обороте ротора отдельный зуб статора под действием перепада давления жидкости в рабочих камерах при контакте вершина зуба ротора - вершина зуба статора испытывает деформацию от отгиба лишь один раз, в остальных случаях зуб статора испытывает деформацию от диаметрального натяга, а

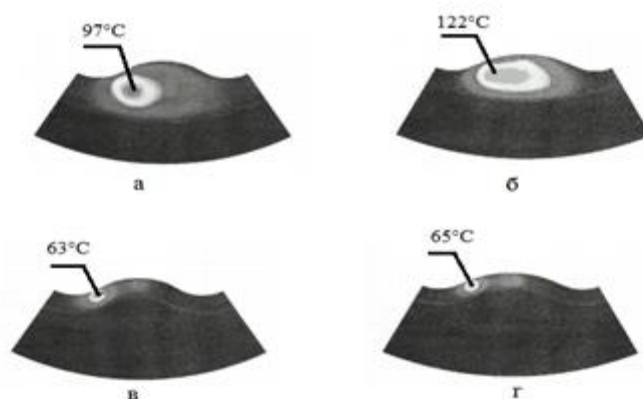
деформация резины от воздействия момента ротора зуб статор испытывает при контакте с каждым зубом ротора при работе героторного механизма. Для эксперимента использовалась расчетная формула выделяемого тепла в следствии периодических (циклических) деформаций резины ИРП-1226 [1]:

$$H_i = 251859 * E^I * \tan \delta * \vartheta * [\varepsilon_{Mi}^2 * z + \varepsilon_{Pi}^2 + \varepsilon_{Hi}^2 * (z - 1)], \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

где  $E^I$ - динамический модуль упругости, Па;  $\tan \delta$ -отношение вязкости к модулю Юнга, ед. Муни/Па;  $\vartheta$ -частота нагружения, Гц;  $\varepsilon_{Mi}$ - деформация эластомера от воздействия крутящего момента ротора;  $\varepsilon_{Hi}$ - деформация эластомера от воздействия натяга в рабочих органах;  $\varepsilon_{Pi}$ - деформация эластомера от воздействия перепада давления в рабочих камерах героторного механизма;  $z$  - число зубьев ротора.

Для расчетов использовались значения стендовых испытаний ВЗД диаметром 95 мм и 195 мм.

Расчеты, проведенные по данной формуле показали, что большее количество теплоты образуется там, где более высокие значения деформации резины. При работе ВЗД в режиме максимального КПД обкладка статора максимально разогревается в области боковой части зуба по середине толщины резины. Для забойного двигателя с диаметром 95 мм максимальное значение температуры составило , а для второго двигателя 122°C. В случае со стандартной конструкцией статора, в область воздействия высокой температуры попадает практически вся середина резинового зуба (рис. 1, а и б ). Соответственно, будет логично уменьшить объем резины, которая используется в новой конструкции статора с целью отвода тепла от разогревшейся в процессе работы обкладки ВЗД.



**Рис. 1. Распределение температуры в статоре при максимальном КПД ВЗД: ВЗД с внешним диаметром 95 мм при стандартной (а) и обновленной (в) конструкции; ВЗД с внешним диаметром 195 мм при стандартной (б) и обновленной (г) конструкции [1]**

Термическое разрушение резиновой обкладки статора стандартной конструкции происходит из-за плохого отвода тепла от центра зуба, именно там образуется усталостные трещины эластомера, а не в зоне действия максимальных деформационных нагрузок. Дальнейшее развитие трещины происходит от зоны действия высоких температур к зоне с максимальной деформацией.

Так же в [1] был проведен расчет на определение температуры разогрева эластомера стандартной и новой конструкции в условиях охлаждения промывочной жидкостью внутри статора с температурой 95°C и снаружи 110°C. Для расчет был выбран статор с диаметром 95 мм. (табл. 1).

**Таблица 1**

**Расчет разогрева эластомера**

Температура, °С	Статор стандартной конструкции	Статор новой конструкции
Жидкость внутри статора	95	
Жидкость снаружи статора	110	
Разогрев эластомера	178	143

**Таблица 2**

**Технические характеристики резиновых смесей**

		Технические характеристики НО-68-1	Технические характеристики ИРП-1226	Технические характеристики ИРП-1338
Условная прочность при растяжении	МПа	8,8	9,8	6,4
Относительное удлинение на разрыв	%	250	125	330
Твердость	ед.Шор А	55-67	65-95	58-70
Рабочая температура	°С	-55/+100	-20/+100	-60/+250

Разрушение резиновой обкладки статора (эластомера) может быть уменьшено путем применения статора с равномерной толщиной обкладки, по сравнению со стандартной конструкцией. Так же уменьшение объема резиновой обкладки способствует уменьшению искажения геометрии обкладки статора, что ведет к уменьшению механического износа рабочих органов поверхностей статора и ротора.

Возможной альтернативой резине ИРП - 1226, могут служить: резиновая смесь НО-68-1 - изготовленная на основе комбинации синтетических каучуков хлоропренового и бутадиен-нитрильного; термостойкая резина ИРП-1338. Технические характеристики резин приведены в таблице 2.

**Литература**

1. Плотников В.М., Фуфачев О.И. Тепловой расчет резиновой обкладки статоров винтовых забойных двигателей, главн. научн. сотруд., ООО "ВНИИБТ - Буровой инструмент"[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pereplet.ru/nauka/>
2. Резиновые смеси по ТУ 2512-046-00152081-2003 [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://meda-group.ru/catalog/15/74>
3. Коротаев Ю.А. Исследование и разработка технологии изготовления многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей: диссертация. ... доктора технических наук : 05.02.08 / Коротаев Юрий Арсеньевич. – Пермь, 2003. – 386 с.
4. Фуфачев О.И. Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.02.13 / Фуфачев Олег Игоревич. – Москва, 2011. – 138 с.
5. ЗАО «Ярославль-Резинотехника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://yart-main.ru/dop-material/osobennosti-rezinovoj-smesi/rezinovaja-smes-no-68%201/>

6. Балденко Д.Ф., Коротаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИСАХАРИДНЫХ РЕАГЕНТОВ

К.М. Минаев<sup>1</sup>, В.А. Яновский<sup>2</sup>, А.С. Мишунина<sup>1</sup>, Р.А. Чуркин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup> *Сибирский физико-технический институт имени академика В.Д. Кузнецова Томского государственного университета, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию полимерных соленасыщенных буровых растворов, используемых для бурения многолетнемерзлых пород, бурения в солевых отложениях, чередующихся с пропластками глин. Полимерные растворы для бурения – это растворы высокомолекулярных веществ (ВМВ) на основе воды. Сравнительные исследования проведены на основе изучения реологических характеристик буровых полимерных растворов по показателю нелинейности, динамического напряжения сдвига, пластической вязкости.

**Abstract.** This article is devoted to research of polymer salt-saturated muds, which are useful in the long term permafrost drilling, drilling in salt deposits alternating with interlayers of clay. Polymer solutions for drilling - are solutions of macromolecular substances based on water. The basis of the research: the study of the rheological characteristics as a result of salt-saturated drilling polymer in terms of non-linearity, dynamic shear stress, plastic viscosity.

На настоящий момент существует большое количество требований предъявляемым к типу, свойствам и характеристикам буровых растворов, но самое главное это пригодность бурового раствора к применению в данных горно-геологических условиях. Высокие температуры на забое, высокое давление, наличие солевых пропластков, мерзлые породы и т.д. относятся к сложным горно-геологическим условиям. В таких условиях требуется применение высококачественных буровых растворов, а, соответственно, и специализированных химических реагентов, определяющих устойчивость промывочной жидкости к тем или иным воздействиям.

Область распространения многолетней мерзлоты в России занимает около 11 млн км<sup>2</sup>, что составляет почти 65% территории страны.

Для северных приморских низменностей характерны засоленные мёрзлые породы, содержащие в своём составе более 0,05% растворимых солей. Их представляют преимущественно глинистые морские отложения, не протаивавшие в эпоху климатического оптимума и сохранившие первичную засоленность. Они наиболее типичны для Большеземельской тундры и полуостровов Ямал и Гыдан в Западной Сибири. В Средней и Восточной Сибири ареал засоленных мёрзлых пород образует лишь узкую полосу вдоль Арктического побережья, проникая вглубь материка по долинам рек Лена и Колыма.

При бурении скважин в многолетнемерзлых горных породах (ММП) (мощность их доходит до нескольких сотен метров, температура достигает – минус 9 °С, обычно - минус 4-6 °С) применяются водные растворы NaCl, реже CaCl<sub>2</sub> [4]. Концентрация соли в растворе выбирается в соответствии с температурой ММП, кроме того при концентрации NaCl до 5% используется для ингибирования глин и повышения структурно-механических свойств БР, обработанных защитными коллоидами, для повышения Статического напряжения сдвига (СНС) при бурении на карбонатно-